

ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
ร่วมกับโมเดล CIPPA ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการ
ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก

Effects of Learning Management Using a Learning Design from Creating
Chemistry Visualization Coupled with a CIPPA Model Affecting Chemistry Learning
Achievement and Scientific Reasoning Ability of the High School Students at
Triamudom Suksa School in the Northern Region in Phitsanulok Province

ญาดา ม่วงแก้ว และณัฐกานต์ ประจันบาน
Yada Muangkaew and Nattakan Prachanban

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Faculty of Education, Naresuan University
E-mail: Yadam@nu.ac.th

Received: September 5, 2023; Revised: October 28, 2023; Accepted: November 3, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80 3) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80 ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.2 จำนวน 43 คน เป็นกลุ่มทดลอง และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.3 จำนวน 42 คน เป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA แผนการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: มโนภาพทางเคมี โมเดล CIPPA ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Abstract

The objectives of this research were 1) to compare between the chemistry learning achievement of the students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model and the chemistry learning achievement of the students taught by regular learning management, 2) to compare between the chemistry learning achievement of the students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model and the criterion of 80%, 3) to compare the scientific reasoning ability between the students taught by using learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model and the students taught by regular learning management, and 4) to compare between the scientific reasoning ability of the students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model and the criterion of 80%. The samples were the students studying in the 10th grade at Triamudom Suksa School in the Northern Region in Phitsanulok Province. They were selected by purposive sampling from 2 rooms: 43 students from Room 4.2 for an experimental group and 42 students from Room 4.3 for a control group. The research instruments were a learning management plan using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model, a regular learning management plan, a chemistry learning achievement test, and a test used to evaluate the scientific reasoning ability.

The research findings were as follows.

1. The students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model had the mean score of the chemistry learning achievement higher than the students taught by regular learning management with the statistical significance at the level of .05.

2. The students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model had the mean score of the chemistry learning achievement higher than the criterion of 80% with the statistical significance at the level of .05.

3. The students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model had the scientific reasoning ability higher than the students taught by regular learning management with the statistical significance at the level of .05.

4. The students taught by learning management using a learning design from creating chemistry visualization coupled with a CIPPA model had the scientific reasoning ability higher than the criterion of 80 % with the statistical significance at the level of .05.

Keywords: Chemistry Visualization, a CIPPA Model, Chemistry Learning Achievement, Scientific Reasoning Ability

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลก เปรียบเสมือนเครื่องมือที่สำคัญในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน และอนาคต ศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม (Chomphunuch and Sanna, 2020) การศึกษาในยุคปัจจุบันจึงจำเป็นต้องพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะวิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุมีผล (Boonkong and Thamprateep, 2016)

ความสามารถประการหนึ่งที่บ่งชี้ถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) คือ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) ซึ่งจัดว่าเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเป็นกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานประกอบการให้เหตุผล (Schen, 2007) นักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลผู้รู้ทางวิทยาศาสตร์จะให้การให้เหตุผลในการประเมินหลักฐานและสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานทำให้การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญ เพราะเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ในธรรมชาติ แล้วนำเสนอผลการค้นคว่านั้นในรูปของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2007)

ปัจจุบันความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนไปสังเคราะห์และบูรณาการความรู้ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ และไม่สามารถวิเคราะห์แบบมีเหตุผลในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการอธิบายและการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อให้เหตุผลของการตัดสินใจ (Chomphunuch and Sanna, 2020) เช่นเดียวกับในต่างประเทศที่พบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ยังคงเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน และไม่สามารถให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ซับซ้อนได้ (Bides et al, 2017) อันเนื่องมาจากเมื่อนักเรียนพบกับความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ นักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการเรียนแบบท่องจำโดยไม่เข้าใจเนื้อหา นั้น ๆ และไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล โดยอาศัยประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อสรุปความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก มีการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 จากการสังเกตการณ์สอนของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ สังเกตได้จากการตอบคำถามจากแบบฝึก

ในบทเรียนที่ยังไม่สามารถให้เหตุผลในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่อง พันธะเคมี สอดคล้องกับปัญหาที่พบสำหรับการจัดการเรียนการสอน เคมีในเรื่องของพันธะเคมีในต่างประเทศ ซึ่งพบว่า นักเรียนที่มีปัญหาในการเรียนเรื่องพันธะเคมี มีสาเหตุมาจากนักเรียน มีแนวคิดที่เกิดความคลาดเคลื่อน เช่น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เข้าใจพันธะเคมี เนื่องจากนักเรียน มองไม่เห็นภาพของอะตอม ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดของพันธะเคมีที่เกิดคลาดเคลื่อน (Taber, 2003) ทั้งนี้ เนื่องมาจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ เนื้อหาวิชามีความซับซ้อนและมีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรม (Gudyanga and Madambi, 2014) การเรียนวิชาเคมีจึงต้องอาศัยการสร้างมโนภาพ (Visualization) เพื่อช่วย ในการทำความเข้าใจโมเลกุลทางเคมีในรูปแบบภาพวาด โมเดลหรือการเขียนอธิบาย ทำให้การเรียนรู้เคมีสามารถ มองเห็นภาพและมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Tasker and Dalton, 2008; Rinla, 2016)

จากการศึกษางานวิจัยของ Tasker and Dalton (2008) พบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ใช้การออกแบบ การเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการพิจารณาลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิด ทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในรูปร่างพันธะเคมี และเกิดความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น และ Salta and Tzougraki (2004) พบว่า การใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีสามารถช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของบทเรียนเคมีไปสู่โมเลกุลและสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมี นอกจากนี้ Lor (2002) ได้ศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบ CIPPA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA มีค่าเฉลี่ย ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA มีค่าเฉลี่ยของคะแนน ความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพ ทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา พิษณุโลก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการ การเรียนการสอนแบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการ การเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียน ในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียน การสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัย 2 แบบ ได้แก่ 1) การวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One-Shot Case Design และ 2) การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Non-equivalent Control Group Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA และกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1,222 คน

ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกห้องที่มีคะแนนสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไม่แตกต่างกัน จำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.2 จำนวน 43 คน เป็นกลุ่มทดลอง และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.3 จำนวน 42 คน เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งทั้ง 2 ห้องเรียน มีนักเรียนที่มีคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนการสอน 2 ฉบับ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA จำนวน 3 แผน ใช้เวลา 6 ชั่วโมง และ 2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ จำนวน 3 แผน ใช้เวลาเท่ากัน ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดทั้ง 2 ฉบับ ($M = 4.80$, $SD = 0.54$ และ $M = 4.68$, $SD = 0.49$ ตามลำดับ)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่

2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย (multiple choice) ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องพันธะเคมี ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวัดความสอดคล้อง IOC จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีค่า IOC ระหว่าง .60-1.00 ทุกข้อ และเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่ตัวอย่างวิจัยจำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พบว่า มีค่าความยากตั้งแต่ .30-.73 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20-.65 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .86

2.2 แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย เขียนและอธิบายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จำนวน 4 ข้อ โดยจะวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อสรุป 2) เหตุผลสนับสนุนในข้อสรุป และ 3) การเชื่อมโยงข้อสรุปและหลักฐาน ซึ่งการประเมินจะมุ่งเน้นการวัดความเข้าใจของผู้เรียนที่ออกมาในรูปแบบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการรู้จำ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวัดความสอดคล้อง IOC จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีค่า IOC ระหว่าง .60-1.00 ทุกข้อ และเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่ตัวอย่างวิจัยจำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พบว่า มีค่าความยากตั้งแต่ .37-.78 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20-.67 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .76

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัย 2 แบบ ได้แก่ 1) การวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One-Shot Case Design และ 2) การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Non-equivalent Control Group Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก และกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก ผู้วิจัยให้ครูผู้สอนดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม และเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่แบบวัดเชิงสถานการณ์จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และเก็บข้อมูลกับกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ได้แก่ Independent sample t-test และ One sample t-test ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีในกลุ่มทดลอง ($\bar{x} = 27.395$, $S = 2.014$) และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีในกลุ่มควบคุม ($\bar{x} = 22.262$, $S = 2.061$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่ม	n	$\bar{x}$	S	t	Sig. (1-tailed)
กลุ่มทดลอง	43	27.395	2.014	11.616	.000
กลุ่มควบคุม	42	22.262	2.061		

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ (M = 27.395, SD = 2.014) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S	t	Sig. (1-tailed)
หลังทดลอง	43	30	27.395	2.014	11.058	.000

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกลุ่มทดลอง (M = 17.120, SD = 1.892) และค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกลุ่มควบคุม (M = 15.190, SD = 1.627) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA กับนักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

กลุ่ม	n	$\bar{x}$	S	t	Sig. (1-tailed)
กลุ่มทดลอง	43	17.120	1.892	5.026	.000
กลุ่มควบคุม	42	15.190	1.627		

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดล CIPPA ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA กับเกณฑ์ร้อยละ 80

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S	t	Sig. (1-tailed)
หลังทดลอง	43	20	17.120	1.892	3.868	.000

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้พบประเด็นและข้อสังเกตที่น่าสนใจสามารถนำมาสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีในกลุ่มทดลอง ($\bar{x} = 27.395$, $S = 2.014$) และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีในกลุ่มควบคุม ($\bar{x} = 22.262$, $S = 2.061$) และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะ การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลเชิงลึกทางเคมีในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ สามารถมองเห็นภาพโครงสร้างและสมบัติของสารทางกายภาพและทางเคมี ทำให้การเรียนวิชาเคมีมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น รวมทั้งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ดังนั้นการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีจึงช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิชาเคมีมากขึ้น (Tasker et al, 2003; Tasker and Dalton, 2008) สอดคล้องกับ Salta and Tzougraki (2004) ที่กล่าวว่า การออกแบบการเรียนรู้โดยการสร้างมโนภาพทางเคมี จะสามารถช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมี ไปสู่โมเดลและสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมีมากยิ่งขึ้น และช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงขึ้นตามไปด้วย

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนในรูปแบบจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกลุ่มทดลอง ($\bar{x} = 17.120$, $SD = 1.892$) และค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกลุ่มควบคุม ($\bar{x} = 15.190$, $SD = 1.627$) และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โมเดล CIPPA เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจะมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างแท้จริง โดยการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่ม นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ จำนวนมาก อาทิ กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่มความสามารถในการให้เหตุผล กระบวนการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และกระบวนการแสวงหาความรู้ เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทบทวนความรู้เดิม 2) การแสวงหาความรู้ใหม่ 3) การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล/ความรู้ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม 4) การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม 5) การสรุปและจัดระเบียบความรู้ 6) การปฏิบัติและ/หรือการแสดงผลงาน และ 7) การประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งขั้นตอนที่ 1-6 เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้ (Construction of knowledge) ซึ่งครูสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีโอกาสปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน (Interaction) และฝึกฝนกระบวนการต่าง ๆ (Process learning) อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากขั้นตอนแต่ละขั้นตอนจะช่วยให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ที่มีลักษณะให้ผู้เรียนได้มีการเคลื่อนไหวทางกาย ทางสติปัญญา ทางอารมณ์ และทางสังคมอย่างเหมาะสม อันช่วยให้ผู้เรียนตื่นตัว (Active) สามารถรับรู้และเรียนรู้ได้อย่างดี จึงกล่าวได้ว่า ขั้นตอนทั้ง 6 มีคุณสมบัติตามหลัก CIPP ส่วนในขั้นตอนที่ 7 เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ (Application) (Khammanee, 2017) สอดคล้องกับ Lor (2002) ได้ศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบ CIPPA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA สามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ทั้งนี้หากครูจะนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีร่วมกับโมเดล CIPPA ไปใช้ในการสอนควรจะศึกษาแผนการจัดการเรียนการสอนให้ชัดเจนก่อนที่จะนำไปใช้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพร่วมกับโมเดล CIPPA เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ควรจะมีการศึกษาในวิชาอื่น ๆ ด้วย เพื่อจะทำให้

ทราบว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพร่วมกับโมเดล CIPPA สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาอื่น ๆ ได้หรือไม่

2. ควรมีศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในรูปแบบวิธีการเรียนอื่น ๆ หรือแนวคิด ทฤษฎีอื่นที่แตกต่างออกไปให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Bides, A. V. et al. **Scientific reasoning ability of special science class students.** Ilocos Sur: Candon National High School Senior High School, 2017.
- Boonkong, F. and C. Thamprateep. "The Effects of Learning Activities Management Using the Analogy Approach of Learning Management in the Topic of Rates of Chemical Reactions on Scientific Concepts and Scientific Reasoning for Mathayom Suksa V Students at Lamphraphloeng Pitthayakhom School in Nakhonratchasima Province," **The National Conference & Research Presentation 2016.** 3, 1 (June 2016): 668-677.
- Chomphunuch, P. and P. Sanna. "Academic Hardiness and the effect of Inquiry-based learning of Scientific reasoning of 10th graders on Cell structure and Cell division," **The 7th NEU National Conference 2020 North Eastern University.** 7, 1 (May 2020): 529-538.
- Gudyanga, E. and T. Madambi. "Students' Misconceptions about Bonding and Chemical Structure in Chemistry," **International Journal of Secondary Education.** 2, 1 (February 2014): 24-40.
- Khammanee, T. **Teaching sciences.** 5th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2017.
- Lor, B. **Effect of employing The CIPPA instructional model in organizing learning activities on learning achievement, science process skills and science attitude of prathom suksa five students.** Bangkok: Chulalongkorn University, 2002.
- McNeill, K. L. and J. Krajcik. "Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning," **Journal of Research in Science Teaching.** 45, 1 (July 2007): 53-78.
- Rinla, C. **Effects of instruction using visualization of chemistry learning design on scientific representations and attitude toward learning chemistry of upper secondary school students.** Bangkok: Chulalongkorn University, 2016.
- Salta, K. and C. Tzougraki. "Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece," **Science Education.** 88, 4 (April 2004): 535-547.

Schen, M. S. **Scientific reasoning skills development in the introductory biology courses for undergraduates.** The Degree Doctor of Philosophy in the Graduate School of The Ohio State University, 2007.

Taber, K. S. "Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning," **Science Education.** 87, 5 (July 2003): 732-758.

Tasker, R. et al. **Web Site for General Chemistry-an American Chemical Society Project.** New York: WH Freeman & Co. See, 2003.

Tasker, R. and R. Dalton. **Visualizing the molecular world-Design, evaluation, and use of animations.** In **Visualization: Theory and practice in science education.** 3rd ed. Netherlands: Springer Dordrecht, 2008.

